

**В.А. КРЫЛОВА**, ассистент каф. АУТС, НТУ «ХПИ»

## **ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ КАНАЛА СВЯЗИ В АДАПТИВНЫХ СИСТЕМАХ КОДИРОВАНИЯ/ДЕКОДИРОВАНИЯ**

Рассмотрена адаптивная система передачи данных. Предложена методика оценки информационного состояния канала связи. При известном числе состояний матрице вероятностей переходов предложен расчет интервалов наблюдения для подсчета ошибочных блоков.

**Ключевые слова:** адаптивная система, интервал наблюдения, канал связи, вероятность битовой ошибки.

**Введение.** Надёжность передачи информации обеспечивается использованием различных видов помехоустойчивого кодирования, в которых оптимальный код выбирается в зависимости от текущих параметров канала связи. В качестве кодов, исправляющих ошибки, в адаптивных схемах кодирования/декодирования используются гнездовые свёрточные коды, параметры которых меняются в зависимости от оценки информационного состояния канала связи. Эффективность адаптивного кодирования в значительной степени зависит от методов оценки состояния канала связи.

Цель статьи – разработка методов оценки информационного состояния канала передачи данных в гибких системах кодирования/декодирования.

Постановка проблемы. При построении адаптивных систем передачи данных на основе гнездовых свёрточных кодов с переменными параметрами возникает необходимость в оценки информационного состояния канала связи. В настоящее время методы контроля информационного состояния канала осуществляются с использованием критерия достоверности, но модифицированного применительно к процедуре контроля.[1] Качество канала связи оценивается по числу искаженных кодовых блоков. Однако при построении адаптивных систем кодирования/декодирования, существующие методы оценки не позволяют осуществлять адаптацию к состоянию канала связи параметров гнездовых свёрточных кодов.[2]

Материалы исследований. Предположим, что число состояний канала связи и матрица вероятностей переходов известны. Для конкретного канала они могут быть вычислены из экспериментальных данных. Т.к. передаваемые данные в большинстве цифровых систем связи имеют блочную структуру, процедура оценки основывается на подсчёте числа ошибочных блоков, т.е. блоков, содержащих, по меньшей мере, один ошибочный бит. Будем считать, что сообщение разделено на блоки по  $k$  бит.

Для каждого состояния  $S_i$  канала задается интервал наблюдения  $N_{0i}$ , выраженный в числе блоков, задается также два порога  $N_{i,i-1}$  и  $N_{i,i+1}$  для каждого состояния  $S_i$  и число ошибочных блоков  $N_g$ . Если выполняется условие  $N_{i,i+1} < N_g < N_{i,i-1}$ , то принимается решение оставить канал в состоянии  $S_i$ . Если  $N_g < N_{i,i+1}$  принимается решение, что канал находится в состоянии  $S_{i+1}$  и выбирается код, соответствующий данному состоянию. В большинстве реальных каналов вероятность плохих состояний (с большей степенью вероятности ошибки) много меньше длительности хороших состояний. Интервал наблюдения для оценки состояния канала выбирается достаточно большим, чтобы сократить время оценки и быть меньше ожидаемой длительности конкретного состояния.

Возможно, также приниматься ошибочное решение о переходе в состояние  $(i+1)$ , в то время как оно перешло в состояние  $(i-1)$ , и наоборот. Однако эти ошибки значительно менее вероятны, чем ошибки первого и второго вида.

Для выбора интервалов наблюдения с точки зрения уменьшения ошибок используется следующая процедура. Так как состояния каналов расположены в соответствии с уменьшающимися средними вероятностями ошибки бита, и, следовательно, состояние  $(i+1)$  лучше, а  $(i-1)$  хуже состояния  $i$ , то интервал наблюдения для перехода из состояния  $i$  в  $(i+1)$  должен быть больше интервала для перехода из состояния  $i$  в  $(i-1)$ . Пусть интервал наблюдения для перехода из состояния  $i$  в  $(i+1)$  будет  $N_{0i}$  блоков. Разделим его на  $f_i$  подинтервалов и выберем подинтервал наблюдения для перехода из  $i$  в  $(i-1)$  равным  $N_{0i}/f_i$  блоков. Если число ошибочных блоков  $N_g$ , подсчитанное оценщиком, больше порога  $N_{i,i-1}$  за подинтервал наблюдения  $N_{0i}/f_i$ , то система переходит в состояние  $(i-1)$ , если нет, то остается в состоянии  $i$ . Если  $N_g < N_{i,i+1}$  за интервал  $N_{0i}$  блоков, то оценщик считает (решает), что система находится в состоянии  $(i+1)$ . Вероятности ошибок первого и второго вида определяются, соответственно, следующими выражениями

$$\alpha_{i,i+1}^{(i)} = \sum_{N_g=0}^{N_{i,i+1}} P(N_g / S_i) \quad (1)$$

$$\beta_{i+1,i}^{(i+1)} = \sum_{N_g=N_{i,i+1}}^{N_{0i}} P(N_g / S_{i+1}), \quad (2)$$

где  $P(N_g/S_i)$  – вероятность того, что в состоянии  $i$  из последовательности  $N_{0i}$  блоков  $N_g$  блоков ошибочны.

Учитывая независимость блоков, вследствие перемежения получим общую ошибку оценки

$$S = P(S_i) \alpha_{i,i+1}^{(i)} + P(S_{i+1}) \beta_{i+1,i}^{(i+1)} \quad (3)$$

где  $P(S_i)$  и  $P(S_{i+1})$  – вероятности состояний  $i$  и  $i+1$  соответственно.

Оптимальному значению  $N_{0i}$  будет соответствовать минимум  $S$ . Дифференцируя (2) получим

$$N_{0,opt} = \frac{\ln\left(\frac{P(S_i)}{P(S_{i+1})}\right) + N_{i,i+1} \ln \frac{P_i}{P_{i+1}}}{\ln\left(\frac{1-P_{i+1}}{1-P_i}\right)} + N_{i,i+1} \quad (4)$$

Аналогично вычисляется интервал  $N_{0i}/f_i$

$$\frac{N_{0i}}{f_i} = \frac{\ln\left(\frac{P(S_{i-1})}{P(S_i)}\right) + N_{i,i+1} \cdot \ln\left(\frac{P_{i-1}}{P_i}\right)}{\ln\left(\frac{1-P_i}{1-P_{i-1}}\right)} + N_{i-1,i} \quad (5)$$

Используя (4) и (5) вычисляем

$$f_i = \frac{N_{i,i+1} \cdot \ln \frac{P_i}{P_{i+1}}}{N_{i+1,i} \ln \frac{P_{i+1}}{P_i}} \quad (6)$$

Для расчета средней вероятности битовой ошибки определим вероятность  $P_{bc}(j/i)$ , которая обозначает битовую ошибку адаптивной системы в случае, когда приемное устройство считает, что канал находится в состоянии  $j$ , хотя в действительности он находится в состоянии  $i$ . В матричной форме можно записать

$$\begin{bmatrix} P_{bc}(1/1) & \dots & P_{bc}(1,M) \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{bc}(M/1) & \dots & P_{bc}(M,M) \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Для учета ошибки оценки определим матрицу  $[A]$  вида

$$A = \begin{bmatrix} A(1/1) & \dots & A(1/M) \\ \dots & \dots & \dots \\ A(M/1) & \dots & A(M/M) \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где  $A(j/i)$  – вероятность того, что мы считаем, что канал находится в состоянии  $j$ , в то время как он находится в состоянии  $i$ .

Для всех  $|j-1|>1$   $A(j/i)=0$ . Остальные вероятности записываются в виде

$$A(i-1/i) = \beta_{i,j-1}^{(i)}, \quad (9)$$

$$A(i+1/i) = \alpha_{i,i+1}^{(i)} (1 - \beta_{i,i-1}^{(i)}) f_{i-1}, \quad (10)$$

$$A(i/i) = 1 - \beta_{i,i-1}^{(i)} - \alpha_{i,i+1}^{(i)} (1 - \beta_{i,i-1}^{(i)}) f_{i-1}. \quad (11)$$

Влияние задержек решения на ошибки оценки состояния не учитывалось, так как их влияние незначительно, если переходы редкие.

Средняя вероятность битовой ошибки с учетом ошибки оценки состояния канала определяется по формуле

$$P_b = \sum_{i=1}^M W_i \sum_{j=1}^M P_b(j/i) A(j/i). \quad (12)$$

**Выводы.** Таким образом, оценка информационного состояния канала связи в адаптивных системах передачи информации для гнездовых свёрточных кодов может быть осуществлена с помощью описанной выше методики.

**Список литературы:** 1. Живица Н.И. Теоретические основы передачи данных/ Н.И. Живица, А.Г. Пушко., В.А. Лукин – К.: КВВИДКУС, 1991. – 479 с.. 2. Кларк Дж. Мл, Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. Пер. С англ. – М.: Радио и связь, 1987.г. с. 392 3. Золоторев В.В.. Т Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы: Справочник/ В.В. Золоторев, Г.В. Овечкин – М.: Горячая линия –Телеком, 2004. – 126 с. 4. Качанов П.А. Основы теории информации и управления/ П.А.Качанов, В.В. Горбачов – Х.: НТУ «ХПИ», 2005 – 368 с.

*Поступила в редакцию 26.12.2012.*

УДК 621.394

**Оценка информационного состояния канала связи в адаптивных системах кодирования/декодирования / В.А. Крылова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автоматика та приладобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 8 (982). – С. 64–67. – Бібліогр.: 4 назв.**

Розглянута адаптивна система передачі даних. Запропонована методика оцінки інформаційного стану каналу зв'язку. При відомому числі станів матриці вірогідності переходів запропонований розрахунок інтервалів спостереження для підрахунку помилкових блоків.

**Ключові слова:** адаптивна система, інтервал спостереження, канал зв'язку, вірогідність бітової помилки.

The adaptive system of data transmission is considered. The technique of an assessment of information condition of a communication channel is offered. At known number of conditions calculation of intervals of supervision for calculation of erroneous blocks is offered a matrix of probabilities of transitions.

**Keywords:** adaptive system, interval of supervision, communication channel, probability of bit error.